

Propriedades emulsificantes de farinhas de trigo e soja pré-cozidas por extrusão

Emulsifying properties of wheat flour and soy precooked by extrusion

Kamila de Oliveira do Nascimento e Sin Huei Wang

Resumo - No processo de extrusão, o trabalho mecânico é combinado com ação do calor para gelatinizar amido e desnaturar proteínas, modificando as suas propriedades funcionais. Com o objetivo de verificar o uso da farinha de trigo e soja extrudada em diversos produtos alimentícios, foram estudados os efeitos de umidade da mistura, temperatura de barril (TB) e velocidade de rotação de parafuso (VRP), nas suas propriedades emulsificantes (PE). As farinhas mistas cruas com 10 e 20% de soja foram extrudadas, individualmente, em duas umidades (26 e 29%), cinco TB (110 a 150°C) e quatro VRP (N° 3, 120 a 210rpm). Os resultados mostraram que, a capacidade emulsificante (CE) e a estabilidade de emulsão (EE) aumentaram até certo ponto, com o aumento da VRP e TB, nas duas umidades estudadas. Os valores maiores da CE e EE foram verificados nas TB mais altas em VRP menores, porém, nas TB mais baixas em VRP maiores. O aumento de umidade resultou num aumento da CE e da EE em TB ou VRP menores, porém em TB ou VRP maiores, causou uma redução. O teor maior de soja resultou em maiores PE. Todas as farinhas extrudadas tiveram PE maiores do que as de trigo crua e de mista crua, portanto, são recomendadas para a formulação de produtos cárneos, cremes, molhos, sopas e outros, embora as outras propriedades funcionais devam ser também consideradas.

Palavras-chave: atividade emulsificante, estabilidade de emulsão, farinha pré-cozida, extrusão, mistura de trigo e soja.

Abstract - In extrusion-cooking process, the mechanical work is combined with heat action for starch gelatinization and proteins denaturation, modifying their functional properties. With the objective of verifying the use of extrusion-cooked wheat-soybean flour in various food products, effects of mixture moisture, barrel temperature (BT) and screw-speed (SS) on emulsifying properties (EP) were studied. Raw mixed flours with 10 and 20% of soybean were extruded, individually, in two moistures (26 and 29%), five BT (110 to 150°C) and four SS (N° 3, 120 to 210rpm). The results showed that, emulsifying capacity (EC) and emulsion stability (ES) increased up to certain point, with an increase of SS and BT, at two studied moistures. The higher values of EC and ES were verified at higher BT in lower SS, but, at lower BT in higher SS. An increase of moisture resulted in increase of EC and ES at lower BT or SS, but at higher BT or SS, it caused a reduction. The higher contents of soybean resulted in higher EP. All the extruded flours had higher EP than the raw wheat and raw mixed flours, therefore, they are recommended for formulating meats products, creams, sauces, soups and others, although the other functional properties should be also considered.

Keywords: emulsifying capacity, emulsion stability, pre-cooked flour, extrusion, wheat-soybean mixture.

INTRODUÇÃO

A extrusão termoplástica tem se destacado em relação aos processos convencionais, principalmente no preparo de produtos como *snacks*, cereais matinais, amidos e farinhas pré-gelatinizadas (ASCHERI, *et. al.*, 2006). A extrusão consiste num processo contínuo onde utiliza alta temperatura em curto tempo “HTST” (“*High Temperature, Short Time*”). É um processo, que combina

umidade, pressão, temperatura, atrito mecânico e aquecimento, permite a gelatinização do amido e a desnaturação da proteína, resultando na transformação e reações de substância química (CHEN, WEI & ZHANG; 2011).

Vários estudos têm demonstrado a contribuição de soja na melhoria de certas propriedades funcionais em sistemas alimentares. A soja é um produto agrícola de grande interesse mundial graças a sua versatilidade de

Recebido em 01/12/2012 e aceito em 30/03/2013

Nutricionista, Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos – UFRRJ E-mail - kamila.nascimento@yahoo.com.br
Profª Drª da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ E-mail sin-hueiwang@bol.com.br

Revista Verde (Mossoró – RN - Brasil), v. 8, n. 1, p. 117 - 124, jan/mar de 2013

aplicação em produtos alimentícios e devido ao seu valor econômico nos mercados nacional e internacional. Sendo que o Brasil está entre os maiores produtores de soja do mundo, sendo esta leguminosa cultivada em várias regiões do País. Apesar da alta produtividade e de suas propriedades nutricionais e funcionais, a soja é ainda pouco usada na dieta do brasileiro (SILVA et al., 2006).

A capacidade de absorção de óleo tem grande importância na formulação de alimentos, podendo influenciar na ordem de adição dos ingredientes secos na mistura, além de ser usado para determinar os tempos de mistura utilizando uma distribuição uniforme do óleo ou gordura na mistura seca. A solubilidade dos ingredientes de um alimento como a sopa é muito importante, uma vez que poderá influenciar no sabor e textura do alimento (CHAUD & SGARBIERI, 2006).

Sabe-se que as proteínas de soja diminui a tensão interfacial entre a água e o óleo. As propriedades emulsionantes de proteínas de soja pode ser melhorada ao utilizar tecnologias emergentes, tais como extrusão, alta pressão etc. (PUPPO et al., 2005).

O auxílio de proteínas soja na formação de emulsões, principalmente através da diminuição da tensão interfacial entre a água e o óleo ajuda também a estabilizar a emulsão, formando uma barreira física na interface. Proteínas de soja, isolado proteico de soja ou com proteína de soja texturizada, têm sido amplamente aplicada como emulsionantes em produtos alimentícios (BUENO et al., 2009).

Sendo assim, o desenvolvimento de farinhas de trigo e soja pré-cozidas por extrusão oferecerá vantagens de ter proteínas de boa qualidade e de baixo custo, além de possuir uma boa vida de prateleira. No entanto, não se conhecem as modificações ocorridas nas PE com o processo de extrusão. Por essas razões, realizou-se o presente trabalho com o objetivo de estudar os efeitos de diferentes parâmetros de extrusão como: umidade da mistura, TB e velocidade de rotação de parafuso nas PE destas farinhas extrusadas, verificando as suas possíveis contribuições como ingredientes em diversos produtos alimentícios.

MATERIAL E MÉTODOS

Matéria-prima

As matérias-primas usadas para os estudos foram: a farinha de trigo, marca Lili, e grãos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill, cultivar BRS-155, Safra de 2010), ambos adquiridos do supermercado local e da Embrapa- CNPSO (Londrina, PR), respectivamente.

Métodos

A obtenção de farinhas de trigo e soja extrudadas e todas as análises químicas que se seguem, foram feitas em duplicata.

Obtenção da farinha mista crua

Os grãos de soja foram decorticados e branqueados, usando-se a metodologia de Wang et al., (2001). Em seguida, os mesmos grãos de soja foram misturados com a farinha de trigo, na proporção de 10:90 (base seca), sendo acrescentada a água em dois níveis, logo após, as misturas foram desintegradas num moinho granulador de facas e martelos da marca Treu 7,5 CV modelo 112M989, com peneira de 2 mm, obtendo-se as farinhas mistas cruas de trigo e soja (90:10) com 26 e 29% de umidade, respectivamente.

Composição centesimal aproximada

Na farinha de trigo, nos grãos de soja integrais e decorticados, e na farinha mista crua de trigo e soja (90:10), foram realizadas as seguintes análises: umidade, extrato etéreo, proteína bruta e cinzas, segundo AACC (1995) e de fibra bruta, conforme Kamer & Ginkel (1952).

Processo de obtenção da farinha extrudada

As farinhas mistas cruas de duas umidades foram extrudadas em extrusor Brabender de rosca única, usando-se uma velocidade de alimentação constante de 2,4 Kg/h⁻¹, quatro velocidades de rotação de parafuso (VRP, N° 3; 120, 150, 180 e 210rpm) e uma matriz circular com diâmetro de 1 mm. Os perfis de temperatura de barril (TB) do extrusor foram de 60°C constante na zona 1 e de 110, 120, 130, 140 e 150°C em ambas as zonas 2 e 3. Os produtos extrudados foram designados nas seguintes seqüências: 26%-110°C, 26%-120°C, 26%-130°C, 26%-140°C, 26%-150°C, 29%-110°C, 29%-120°C, 29%-130°C, 29%-140°C e 29%-150°C. Em seguida, os produtos extrudados foram secados em estufa a 60°C, com circulação de ar até peso constante com, aproximadamente, 8-9% de umidade, sendo moídos em moinho de martelos Brabender Duisburg 342. Foram usadas como controle a farinha de trigo crua e a farinha mista crua de trigo e soja (90:10).

Propriedades emulsificantes (pe)

As PE abrangem a capacidade emulsificante (CE) e a estabilidade de emulsão (EE), sendo ambas determinadas, segundo o método de DENCH, RIVAS & CAYGILL (1981).

Amostra com peso de 2,5g foi suspensa em água destilada (40mL) e ajustado o pH da suspensão para 7,0 com NaOH ou HCl. Logo após, a suspensão foi agitada por 15 min. O pH da suspensão foi verificado e ajustado novamente, quando necessário, e o volume final foi completado para 50mL. Para esta solução, foram adicionados 50mL do óleo de soja e misturados à máxima velocidade por 3 min, usando-se batedeira *mixer* batidora *Mallory Robot Classic*. A emulsão assim obtida, foi dividida entre dois tubos de centrífuga de 50mL, e

centrifugada a 1300G por 5 min. A CE foi calculada pela relação:

$$\%CE = \frac{\text{Altura da camada emulsificada} \times 100}{\text{Altura total do fluido}}$$

A EE foi determinada pelo o mesmo procedimento da CE, porém, a emulsão formada foi aquecida a 80°C por 30 min, e depois esfriada sob água corrente por 15 min, antes de ser centrifugada.

$$\%EE = \frac{\text{Altura da camada emulsificada após aquecimento} \times 100}{\text{Altura total do fluido}}$$

Análise estatística

Tabela 1. Composição centesimal aproximada (% base seca) da farinha de trigo, dos grãos de soja integrais e decorticados, e das farinhas mistas cruas de trigo e soja (90:10 e 80:20).

Composição (%)	Farinha de trigo	Soja integral	Soja decorticada	Farinha mista crua de trigo e soja	
				90:10	80:20
Proteína bruta	12,80	42,43	45,99	16,16	19,40
Extrato etéreo	1,52	18,11	20,23	3,40	5,28
Cinzas	0,66	4,78	4,35	1,10	1,54
Fibra bruta	0,34	7,26	4,52	0,76	1,18
Carboidratos ⁽¹⁾	84,68	27,42	24,91	78,58	72,60

⁽¹⁾ Calculado por diferença (100 - proteína - extrato etéreo - cinzas - fibra bruta).

Observa-se na Tabela 1, que os resultados obtidos foram semelhantes àqueles encontrados por WANG et al. (2006). Os grãos de soja, tanto integrais como decorticados, tiveram os teores de proteína bruta, extrato etéreo, cinzas e fibra bruta maiores do que aqueles da farinha de trigo. Porém, a farinha de trigo contém o teor de carboidratos mais alto. O teor de cinzas dos grãos de soja decorticados foi próximo e os teores de proteína bruta e extrato etéreo foram maiores do que aqueles dos grãos de soja integrais. O alto teor de fibra bruta da soja

Para os resultados de propriedades emulsificantes, foi usado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), onde foram feitas as análises de variância, com posterior comparação das diferenças entre as médias pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram feitas, conforme os métodos descritos por Pimentel- Gomes (1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra, em base seca, a composição centesimal aproximada da farinha de trigo, dos grãos de soja integrais e decorticados e das farinhas mistas cruas de trigo e soja (90:10 e 80:20).

integral indica que a casca contém grande quantidade deste componente. À medida que se incrementava a proporção de soja (0 a 20%) na farinha de trigo, houve um aumento dos teores de proteína bruta, extrato etéreo, cinzas e fibra bruta, porém uma diminuição do teor de carboidratos.

As Tabelas 2 e 3 apresentam capacidades emulsificantes (CE) das farinhas de trigo e soja (90:10 e 80:20) extrudadas por diferentes VRP, em diferentes combinações de umidades e TB nas 2^a e 3^a zonas.

Tabela 2. Capacidade emulsificante (CE) das farinhas de trigo e soja (90:10) extrudadas por diferentes velocidades de rotação de parafuso (VRP), em diferentes combinações de umidades e temperaturas de barril nas 2ª e 3ª zonas⁽¹⁾.

Identificação da farinha	CE (%) ⁽²⁾⁽³⁾ das farinhas mistas extrudadas em diferentes VRP (rpm)				D.M.S.	C.V. (%)
	120	150	180	210		
26%-110°C	55,88 ^{Dc}	58,22 ^{Cc}	64,78 ^{Ad}	61,08 ^{Be}	1,69	0,97
26%-120°C	59,26 ^{Cb}	64,51 ^{Bb}	67,69 ^{Ac}	65,50 ^{Bc}	1,69	0,97
26%-130°C	64,51 ^{Ca}	67,74 ^{Ba}	70,00 ^{Ab}	66,67 ^{Bab}	1,69	0,97
26%-140°C	66,02 ^{Ca}	69,33 ^{Ba}	74,16 ^{Aa}	67,65 ^{BCa}	1,69	0,97
26%-150°C	64,52 ^{BCa}	68,75 ^{Aa}	65,50 ^{Bd}	63,60 ^{Cd}	1,69	0,97
D.M.S.	1,80	1,80	1,80	1,80		
C.V. (%)	0,97	0,97	0,97	0,97		
29%-110°C	60,00 ^{Dd}	62,31 ^{Cd}	68,76 ^{Ab}	66,67 ^{Bb}	1,69	0,97
29%-120°C	62,07 ^{Dc}	64,70 ^{Cbc}	71,87 ^{Aa}	68,57 ^{Ba}	1,69	0,97
29%-130°C	67,16 ^{Ba}	68,96 ^{Aa}	64,70 ^{Cc}	63,37 ^{Cc}	1,69	0,97
29%-140°C	63,89 ^{Bb}	66,02 ^{Ab}	63,33 ^{Bc}	60,00 ^{Cd}	1,69	0,97
29%-150°C	62,86 ^{Abc}	63,33 ^{AcD}	60,88 ^{Bd}	57,79 ^{Ce}	1,69	0,97
D.M.S.	1,80	1,80	1,80	1,80		
C.V. (%)	0,97	0,97	0,97	0,97		

⁽¹⁾ Temperatura do extrusor na 1ª zona =60°C (constante).

⁽²⁾ As médias, seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (D.M.S. diferença mínima significativa; C.V. coeficiente de variação).

⁽³⁾ CE da farinha de trigo crua (controle) e da farinha mista crua (controle) foram 50,00 e 51,22%, respectivamente.

Tabela 3. Capacidade emulsificante (CE) das farinhas de trigo e soja (80:20) extrudadas por diferentes velocidades de rotação de parafuso (VRP), em diferentes combinações de umidades e temperaturas de barril nas 2ª e 3ª zonas⁽¹⁾.

Identificação da farinha	CE (%) ⁽²⁾⁽³⁾ das farinhas mistas extrudadas em diferentes VRP (rpm)				D.M.S.	C.V. (%)
	120	150	180	210		
26%-110°C	60,00 ^{De}	62,31 ^{Cd}	67,81 ^{Ab}	64,52 ^{Bd}	1,41	0,77
26%-120°C	65,22 ^{Dc}	73,03 ^{Ba}	75,00 ^{Aa}	69,70 ^{Ca}	1,41	0,77
26%-130°C	68,48 ^{Ba}	70,97 ^{Ab}	68,48 ^{Bb}	67,26 ^{Bb}	1,41	0,77
26%-140°C	66,09 ^{Cb}	69,48 ^{Abc}	67,86 ^{Bb}	66,67 ^{BCbc}	1,41	0,77
26%-150°C	62,86 ^{Cd}	68,48 ^{Ac}	67,74 ^{Ab}	65,62 ^{Bcd}	1,41	0,77
D.M.S.	1,51	1,51	1,51	1,51		
C.V. (%)	0,77	0,77	0,77	0,77		
29%-110°C	64,87 ^{Cd}	67,20 ^{Be}	70,00 ^{Ab}	66,67 ^{Bbc}	1,41	0,77
29%-120°C	70,37 ^{Bc}	73,33 ^{Ab}	71,71 ^{Ba}	68,24 ^{Ca}	1,41	0,77
29%-130°C	77,74 ^{Aa}	75,00 ^{Ba}	70,18 ^{Cb}	67,20 ^{Dab}	1,41	0,77
29%-140°C	72,14 ^{Ab}	70,97 ^{Ac}	67,93 ^{Bc}	65,57 ^{Cc}	1,41	0,77
29%-150°C	70,37 ^{Ac}	69,37 ^{Ad}	66,67 ^{Bc}	63,33 ^{Cd}	1,41	0,77
D.M.S.	1,51	1,51	1,51	1,51		
C.V. (%)	0,77	0,77	0,77	0,77		

⁽¹⁾ Temperatura do extrusor na 1ª zona =60°C (constante).

⁽²⁾ As médias, seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (D.M.S. diferença mínima significativa; C.V. coeficiente de variação).

⁽³⁾ CE da farinha de trigo crua (controle) e da farinha mista crua (controle) foram 50,00 e 51,81%, respectivamente.

Pelas Tabelas 2 e 3, observa-se que, o aumento da VRP e TB aumentou a CE das farinhas de trigo e soja (90:10 e 80:20) extrudadas até certo ponto, além do qual, a CE passou a diminuir, exceto para TB de 130, 140 e 150°C em 29% de umidade nas farinhas extrudadas com 20% de soja, nas quais ocorreu um decréscimo da CE com o aumento da VRP.

As maiores CE foram encontradas na TB de 130°C em VRP menores e na TB de 120°C em VRP maiores, exceto para farinhas extrudadas com 10% de soja em 26% de umidade. Nas farinhas extrudadas com 10% de soja, o aumento do nível de umidade causou um

aumento da CE m TB mais baixas, mas uma diminuição da CE em TB mais altas.

Por outro lado, nas farinhas extrudadas com 20% de soja, o acréscimo de umidade resultou num aumento da CE em VRP menores, e, em VRP maiores, o aumento da CE foi verificado apenas na TB de 110°C. De modo geral, as farinhas extrudadas com 20% de soja apresentaram CE maiores do que aquelas com 10% de soja.

Nas Tabelas 4 e 5 observa-se os resultados da estabilidade de emulsão (EE) das farinhas de trigo e soja (90:10 e 80:20) extrudadas por diferentes VRP, em diferentes combinações de umidades e TB nas 2ª e 3ª zonas.

Tabela 4. Estabilidade de Emulsão (EE) das farinhas de trigo e soja (90:10) extrudadas por diferentes velocidades de rotação de parafuso (VRP), em diferentes combinações de umidades e temperaturas de barril nas 2ª e 3ª zonas⁽¹⁾.

Identificação da farinha	EE (%) ⁽²⁾ ⁽³⁾ das farinhas mistas extrudadas em diferentes VRP (rpm)				D.M.S.	C.V. (%)
	120	150	180	210		
26%-110°C	59,14 ^{Cd}	62,50 ^{Be}	65,75 ^{Ac}	63,07 ^{Bc}	1,31	0,74
26%-120°C	62,96 ^{Cc}	65,58 ^{Bd}	67,20 ^{Ab}	64,57 ^{Bb}	1,31	0,74
26%-130°C	66,67 ^{Ba}	70,00 ^{Ac}	68,75 ^{Aa}	66,67 ^{Ba}	1,31	0,74
26%-140°C	68,00 ^{Ca}	74,20 ^{Aa}	69,84 ^{Ba}	67,74 ^{Ca}	1,31	0,74
26%-150°C	65,09 ^{Cb}	71,87 ^{Ab}	67,20 ^{Bb}	63,64 ^{Dbc}	1,31	0,74
D.M.S.	1,40	1,40	1,40	1,40		
C.V. (%)	0,74	0,74	0,74	0,74		
29%-110°C	60,30 ^{Cd}	63,76 ^{Be}	66,14 ^{Ac}	62,86 ^{Bc}	1,31	0,74
29%-120°C	63,33 ^{Dc}	66,14 ^{Bd}	67,82 ^{Ab}	64,70 ^{Cb}	1,31	0,74
29%-130°C	68,41 ^{BCa}	71,42 ^{Aa}	69,32 ^{Ba}	67,20 ^{Ca}	1,31	0,74
29%-140°C	67,26 ^{Ba}	69,84 ^{Ab}	66,23 ^{Bc}	62,51 ^{Cc}	1,31	0,74
29%-150°C	65,70 ^{Bb}	68,37 ^{Ac}	64,22 ^{Cd}	60,00 ^{Dd}	1,31	0,74
D.M.S.	1,40	1,40	1,40	1,40		
C.V. (%)	0,74	0,74	0,74	0,74		

⁽¹⁾ Temperatura do extrusor na 1ª zona =60°C (constante).

⁽²⁾ As médias, seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (D.M.S. diferença mínima significativa; C.V. coeficiente de variação).

⁽³⁾ EE da farinha de trigo crua (controle) e da farinha mista crua (controle) foram 51,45 e 53,85%, respectivamente.

Tabela 5. Estabilidade de Emulsão (EE) das farinhas de trigo e soja (80:20) extrudadas por diferentes velocidades de rotação de parafuso (VRP), em diferentes combinações de umidades e temperaturas de barril nas 2ª e 3ª zonas⁽¹⁾.

Identificação da farinha	EE (%) ^{(2) (3)} das farinhas mistas extrudadas em diferentes VRP (rpm)				D.M.S.	C.V. (%)
	120	150	180	210		
26%-110°C	62,07 ^{Bd}	64,52 ^{Cd}	68,96 ^{Ac}	66,67 ^{Bb}	2,05	1,08
26%-120°C	68,00 ^{Cc}	75,96 ^{Ab}	77,78 ^{Aa}	71,43 ^{Ba}	2,05	1,08
26%-130°C	70,78 ^{BCb}	78,79 ^{Aa}	71,87 ^{Bb}	68,75 ^{Cb}	2,05	1,08
26%-140°C	73,03 ^{Ba}	76,39 ^{Ab}	70,37 ^{Cbc}	67,16 ^{Db}	2,05	1,08
26%-150°C	70,83 ^{Bb}	73,20 ^{Ac}	68,48 ^{Cc}	66,67 ^{Cb}	2,05	1,08
D.M.S.	2,19	2,19	2,19	2,19		
C.V. (%)	1,08	1,08	1,08	1,08		
29%-110°C	67,71 ^{Cb}	70,00 ^{Bd}	72,41 ^{Aa}	68,75 ^{BCab}	2,05	1,08
29%-120°C	73,08 ^{Ba}	76,92 ^{Ab}	74,07 ^{Ba}	70,29 ^{Ca}	2,05	1,08
29%-130°C	73,33 ^{Ba}	81,08 ^{Aa}	70,00 ^{Cb}	68,18 ^{Cab}	2,05	1,08
29%-140°C	75,00 ^{Aa}	76,67 ^{Ab}	68,48 ^{Bbc}	67,78 ^{Bb}	2,05	1,08
29%-150°C	69,80 ^{Bb}	73,03 ^{Ac}	67,33 ^{Cc}	66,67 ^{Cb}	2,05	1,08
D.M.S.	2,19	2,19	2,19	2,19		
C.V. (%)	1,08	1,08	1,08	1,08		

⁽¹⁾ Temperatura do extrusor na 1ª zona =60°C (constante).

⁽²⁾ As médias, seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (D.M.S. diferença mínima significativa; C.V. coeficiente de variação).

⁽³⁾ EE da farinha de trigo crua (controle) e da farinha mista crua (controle) foram 51,45 e 55,17%, respectivamente.

Verifica-se que a EE mostrou comportamento semelhante àquele da CE, isto é, embora as farinhas extrudadas que apresentaram as maiores EE não tenham tido sempre as mesmas correspondentes as maiores CE. As maiores EE foram observadas nas TB de 130°C e/ou 140°C para as farinhas extrudadas com 10% de soja em todas as VRP estudadas.

Por outro lado, nas farinhas extrudadas com 20% de soja, não houve uma regularidade no comportamento da EE em relação à TB. Nas farinhas extrudadas com 10% de soja, o aumento de umidade resultou num aumento da EE até 130°C, além do qual, passou a diminuir.

Entretanto, nas farinhas extrudadas com 20% de soja, o aumento do nível de umidade causou um aumento da EE até 140°C para 120rpm e 130°C para 150rpm, e em 180 e 210rpm, este aumento só foi observado na TB de 110°C. De forma semelhante, as farinhas extrudadas com 20% de soja mostraram maiores EE do que aquelas com 10% de soja.

Wang *et al.* (2007) verificou que o aumento da VRP e TB fez com que aumentasse a CE e a EE das farinhas extrudadas com 90% de trigo e 10% de soja até um certo ponto, após isso, as fez diminuir, com exceção para velocidade de rotação de parafuso de 210 rpm (EE) e para TB de 130 °C (CE e EE) em 23% de umidade. Entretanto, observou-se que a umidade de 26% apresentou as melhores propriedades emulsificantes, com melhor EE.

Segundo Sgarbieri (1996), as variáveis do processo de extrusão como VRP e TB podem ter efeitos na gelatinização do amido e na desnaturação de proteínas, o que se refletem nas características finais do produto tais como expansão e outras propriedades funcionais como viscosidade, absorção de água, solubilidade dos carboidratos e das proteínas. E conforme Gujska & Khan (1991), uma modificação tanto da proteína como do amido, durante o processo de extrusão, pode afetar a CE de seus produtos. Sugere-se também que, a diminuição de CE e de EE, depois de determinado ponto, tenha sido por causa da hidrólise de proteínas e de amido.

Estudo realizado por Zhang, Bai & Zhang, (2011), observou-se que o processo de extrusão melhorou as propriedades funcionais do farelo de trigo de aveia. Apresentando uma temperatura de gelatinização e solubilidade mais altas, e um aumento na viscosidade aparente com uma melhoria na capacidade espumante.

Sabe-se também que um excesso de umidade pode intensificar o cozimento na extrusão, resultar numa alteração indesejável da estrutura de glúten e prejudicar, conseqüentemente, a textura da massa formada (WANG *et al.*, 2005). Desta forma, explicam-se os resultados encontrados no presente trabalho.

Verifica-se pelo presente trabalho, que CE e EE foram positivamente correlacionadas entre si, apresentando os coeficientes de correlação iguais a 0,7621

e 0,8099, para 10 e 20% de soja, respectivamente, significativos a 5% de probabilidade, embora os valores numéricos de coeficientes não tenham sido tão altos. Isso sugere que os fatores determinantes para CE e EE sejam diferentes: a CE esteja mais relacionada com a solubilidade da proteína, enquanto que a EE dependa mais da estrutura da barreira física formada pela proteína na interface.

Observa-se ainda nas Tabelas 2, 3, 4 e 5, que as farinhas extrudadas apresentaram os valores numéricos de CE e EE mais altos do que as farinhas cruas (controles), indicando uma melhoria de suas propriedades emulsificantes.

A CE e a EE são propriedades funcionais consideradas importantes pelas indústrias de alimentos, nas formulações de alimentos como produtos cárneos, extensores de carne, queijos processados, maionese, cremes, molhos e sopas (SGARBIERI, 1996; VISSER & THOMAS, 1987), pois permitem uma agregação mais rápida de água e de gordura, mantendo uma boa estabilidade de cremosidade. Este fato sugere que as farinhas extrudadas sejam melhores do que as de trigo crua (controle) e de mista crua (controle) para o uso nestes produtos, uma vez que elas podem proporcionar boas texturas, além de serem pré-cozidas.

CONCLUSÕES

1. As maiores CE foram verificadas na TB de 130°C em VRP menores e na TB de 120°C em VRP maiores, exceto para farinhas extrudadas com 10% de soja em 26% de umidade, nas quais, a melhor TB foi de 140°C em VRP maiores.
2. As maiores EE foram encontradas na TB de 130°C para as farinhas extrudadas com 10% de soja em todas as VRP estudadas, exceto para 150 rpm em 26% de umidade. Por outro lado, não houve regularidade no comportamento da EE em relação à TB.
3. Nas farinhas, extrudadas com 10% de soja, o aumento de umidade causou um aumento da CE em TB mais baixas, e uma redução em TB mais altas, no entanto, um aumento da EE até 130°C, além do qual, passou a diminuir.
4. Nas farinhas extrudadas com 20% de soja, o aumento de umidade resultou num aumento da CE em VRP menores, e, em VRP maiores, este aumento só foi verificado na TB de 110°C. Por outro lado, um aumento da EE até 140°C para VRP menores, e, em VRP maiores, este aumento só foi na TB de 110°C.
5. De modo geral, as farinhas extrudadas com 20% de soja apresentaram CE e EE maiores do que aquelas com 10% de soja.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists.** 9th ed. St. Paul: AACC, 1995. 2v.
- ASCHERI, D.P.R.; et al. Obtenção de farinhas mistas pré-gelatinizadas a partir de arroz e bagaço de jabuticaba: efeito das variáveis de extrusão nas propriedades de pasta. **B.CEPPA.** v. 24, n. 1, p. 115-144 jan./jun. 2006.
- BUENO, A.S.; et al. Effect of extrusion on the emulsifying properties of soybean proteins and pectin mixtures modelled by response surface methodology. **Journal of Food Engineering.** v.90, n.4, feb., p.504-510, 2009.
- CHAUD, S.G.; SGARBIERI, V.C. Propriedades funcionais (tecnológicas) da parede celular de leveduras da fermentação alcoólica e das frações glicana, manana e glicoproteína. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** v.26, n.2, p. 369-379, abr.-jun. 2006.
- CHEN, F.L.; WEI, Y.M.; ZHANG; B. Chemical cross-linking and molecular aggregation of soybean protein during extrusion cooking at low and high moisture content. **LWT- Food Science and Technology.** v.44, n.4, p.957-962, may, 2011.
- DENCH, J.E.; RIVAS, R.N.; CAYGILL, J.C. Selected functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) flour and two protein isolates. **Journal of the Science of Food and Agriculture,** London, v.32, n.6, p.557-564, 1981.
- KAMER, J.H.van de.; GINKEL, L.van. Rapid determination of crude fiber in cereals. **Cereal Chemistry,** St. Paul, v.29, n.4, p.239-251, 1952.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** 13^a ed. São Paulo: Nobel, 1991. 468p.
- PUPPO, M.C.; et al. Effect of high-pressure treatment on emulsifying properties of soybean proteins. **Food Hydrocolloids.** v.19, n. 2, Marc., p. 289-296, 2005.
- SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos; propriedades, degradações, modificações.** 1^a ed. São Paulo: Livraria Varela Ltda., 1996. 517p.
- SILVA, M.S.; et al. Composição química e valor proteico do resíduo de soja em relação ao grão de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** v.26, n.3, p.571-576, jul.-set. 2006.
- VISSER, A.; THOMAS, A. Review; soya protein products; their processing, functionality, and application

- aspects. **Food Reviews International**, New York, v.3, n.1-2, p.1-32, 1987.
- WANG, S.H. *et al.* Farinha de trigo e soja pré-cozida por extrusão para uso em croquete de carne. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.27, n.3, p.572-578, jul.-set., 2007.
- WANG, S.H., ROCHA, G.O.; NASCIMENTO, T.P.; ASCHERI, J.L.R. Absorção de água e propriedades espumantes de farinhas extrusadas de trigo e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.2, p.475-481, 2006.
- WANG, S.H.; OLIVEIRA, M.F.; COSTA, P.S.; ASCHERI, J.L.R.; ROSA, A.G. Farinhas de trigo e soja pré-cozidas por extrusão para massas de pizza. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.4, p.389-395, 2005.
- WANG, S.H.; ASCHERI, J.L.R.; BARBOSA, C.F.; COSTA, S.A.L.; MAIA, L.H. Posibilidad de uso de harinas de arroz-soya (70:30) extruídas en la formulación de sopa-cremosa; características tecnológicas y sensoriales. **Alimentaria**, Madrid, v.38, n.324, p.91-97, 2001.
- ZHANG, M.; BAI, X.; ZHANG, Z. Extrusion process improves the functionality of soluble dietary fiber in oat bran. **Journal of Cereal Science**. v.54, p.98-103, 2011